

1/P Rts.

JC05 Rec'd PCT/PTO 20 SEP 2005

Verfahren zur Anpassung der Link-Gewichte im Hinblick auf eine optimierte Verkehrsverteilung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Anpassung von Link-Gewichten in einem mit Links gebildeten Kommunikationsnetz für eine im Hinblick auf ein für das Kommunikationsnetz erwartetes Verkehrsaufkommen und im Bezug auf einen die Link-nutzung betreffenden Parameter optimierte Verkehrsverteilung innerhalb des Kommunikationsnetzes.

Die Erfindung liegt auf dem Gebiet der Kommunikationstechnik und behandelt insbesondere die Übertragung von Daten über paketorientierte Netze.

Die Optimierung der Datenübertragung über paketorientierte Netze, insbesondere über IP (Internet Protocol) basierte Netze, ist derzeit ein wichtiges Arbeitsfeld in dem Gebiet der Netzwerktechnologien. Vor allem die Übertragung von Daten mit unterschiedlichen Anforderungen an die Dienstgüte ist Voraussetzung für die Bereitstellung neuer Dienste, wie beispielsweise die Übertragung von Echtzeitverkehr über paketorientierte Netze. Um eine möglichst optimierte Übertragung zu erzielen, müssen verschiedene Parameter, wie Verzögerung, Störanfälligkeit oder Verkehrsverteilung berücksichtigt werden.

Eine möglichst gute Verteilung des Verkehrs, der über ein Kommunikationsnetz gelenkt wird, ist wichtig, einerseits im Hinblick darauf, Überlastsituationen zu vermeiden, andererseits ist eine gute Verkehrsverteilung die Voraussetzung für eine gute Ausnutzung der vorhandenen Ressourcen und insbesondere der zur Verfügung stehenden Bandbreite. Die Verkehrsverteilung innerhalb eines Kommunikationsnetzes ist abhängig von dem Routing innerhalb des Netzes bzw. der Pfade, auf denen der Verkehr durch das Netz geführt wird. Das wohl verbreitetste Routingverfahren bei paketorientierten Netzen, die auf dem

IP-Protokoll basieren, ist das so genannte OSPF (Open Shortest Path First) Verfahren bzw. Protokoll. Dabei wird für zwischen zwei Knoten zu routenden Verkehr der im Sinne einer Metrik kürzeste Weg zwischen den beiden Knoten bestimmt. Diese Wegbestimmung erfolgt im Regelfall mit Hilfe von so genannten Link-Kosten. Im Folgenden wird auch der ebenfalls in der Fachwelt übliche Begriff Link-Gewicht bzw. Link-Gewichte synonym zu Link-Kosten verwendet. Die Link-Kosten bzw. Link-Gewichte sind den Links administrativ zugewiesene Werte, die ein Maß darstellen, wie günstig die Verwendung des jeweiligen Links ist. Im einfachsten Fall sind die Linkkosten für jeden Link gleich 1, d.h. alle Links werden gleich behandelt. Bei einem Routing, welches die Link-Kosten minimiert, wird damit automatisch der bezüglich der Anzahl der Links bzw. der Hops kürzeste Weg zwischen zwei Knoten bestimmt. Durch die Änderung der Link-Kosten lässt sich die Bestimmung der Routen und damit die Verteilung des Verkehrs innerhalb eines Kommunikationsnetzes beeinflussen. Eine Steuerung der Verkehrsverteilung mittels Anpassung der Link-Kosten ist generell bei Routingverfahren möglich, welche mittels einer Metrik und der Zuweisung von Link-Kosten arbeiten, z.B. bei dem IS-IS (Intermediate System - Intermediate System) Protokoll oder zum Beispiel dem ECMP (Equal Cost Multipath) Verfahren, welches im Rahmen des OSPF Protokolls definiert wurde und die Verwendung von mehreren mittels OSPF bestimmten Pfaden für das Routing zwischen zwei Knoten vorsieht.

Herkömmliche Verfahren zur Optimierung der Verkehrsverteilung durch Anpassung der Link-Kosten sind verhältnismäßig kompliziert. Üblicherweise wird eine globale Optimierung der Link-Kosten durchgeführt, in dem eine Zielfunktion, die die Topologie des Netzes widerspiegelt, optimiert wird. Wegen der Komplexität dieser Verfahren wird heutzutage häufig keine Optimierung der Link-Kosten durchgeführt. Unumgängliche Anpassungen der Link-Kosten werden häufig manuell gemacht, was ein hohes Fehlerrisiko birgt. Somit wird in realen Netzen eine sub-optimale Verkehrsverteilung in Kauf genommen.

Die Erfindung hat zur Aufgabe, ein einfaches Verfahren zur Bestimmung der Link-Kosten in einem Kommunikationsnetz im Hinblick auf eine optimierte Verkehrsverteilung anzugeben.

5

Die Aufgabe wird durch den Anspruch 1 gelöst.

Die Erfindung geht von dem Gedanken aus, dass die Link-Kosten bzw. Link-Gewichte von stark belasteten Links erhöht werden sollten, um die Verkehrslast auf diesen Links zu reduzieren. Für die Optimierung wird ein Parameter verwendet, der ein Maß für die Belastung der einzelnen Links darstellt. Vorzugsweise ist dieser Parameter durch die Verkehrslast der einzelnen Links gegeben. Andere Möglichkeiten sind die auf die Linkbandbreite bezogene relative Verkehrslast, evtl. bei der Linkbenutzung anfallende, verkehrsabhängige Kosten (möglicherweise sogar in Form von real anfallenden Gebühren), die Verfügbarkeit der Links, die Laufzeit auf den einzelnen Links oder die Belastbarkeit der Endknoten der jeweiligen Links.

Die Erfindung geht davon aus, dass das vom Netz zu tragende Verkehrsaufkommen bekannt ist oder zumindest eine Abschätzung dafür existiert. In der Verkehrstheorie verwendet man üblicherweise die so genannte Verkehrsmatrix, um das Verkehrsaufkommen genauer zu spezifizieren. Die Verkehrsmatrix gibt zwischen Paaren von Quell- und Zielknoten das zu transportierende Verkehrsvolumen an. Bei durch das Kommunikationsnetz geleitetem Verkehr entspricht ein Quellknoten beispielsweise einem Eintrittsknoten und ein Zielknoten beispielsweise einem Austrittsknoten, so dass die Verkehrsmatrix in Bezug auf diese zwei Knoten einen Eintrag für den zwischen ihnen transportierten Verkehr aufweist.

Für die Optimierung hinsichtlich des Parameters wird folgendermaßen vorgegangen. Zuerst werden die Link-Kosten der einzelnen Links initialisiert, d.h. ihnen werden Startwerte zugewiesen. Bei den Links wird vorzugsweise zwischen den beiden Richtungen unterschieden, d.h. dass eine Verbindung zwischen

zwei Knoten zwei gerichteten Links entspricht, die jeweils einmal den Verkehr von dem ersten Knoten zu dem zweiten und einmal andersherum transportieren. Die Erfindung kann dann dahin weitergebildet werden, dass insbesondere für symmetrische Verkehrsmatrizen die Optimierung der Linkkosten für beide Richtungen gleichzeitig durchgeführt wird. Nach Zuweisen von Startwerten für die Linkkosten werden mit Hilfe des Routingprotokolls (beispielsweise OSPF oder IS-IS) Pfade für das Routing von Verkehr innerhalb des Kommunikationsnetzes berechnet. Mit Hilfe des angenommenen Verkehrsaufkommen lässt sich der auf diesen Pfaden beförderte Verkehr und damit das Verkehrsaufkommen auf den einzelnen Links berechnen bzw. bestimmen. Dann wird der Link ermittelt, für welchen der Parameter, beispielsweise das Verkehrsaufkommen, den höchsten Wert hat. Anschließend wird der Wert der Linkkosten für den ermittelten Link erhöht, beispielsweise um 1. Die Berechnung der Pfade, die Bestimmung der Werte des Parameters, die Ermittlung des Links, für den der Parameter den höchsten Wert hat, und die Erhöhung des Wertes der Link-Kosten für den ermittelten Link wird als Schleife so lange durchlaufen, bis der in einem Schritt bestimmte Wert des Parameters für den Link mit dem höchsten Parameterwert höher ist, als der beim vorausgehenden Schritt bzw. Durchlauf bestimmte Parameter für den Link mit dem höchsten Parameterwert. Wenn dieses Abbruchkriterium erfüllt ist, werden die beim vorletzten Schritt bestimmten Werte für die Linkkosten und die zugehörigen Pfade für das Routing innerhalb des Kommunikationsnetzes festgelegt.

Durch die Erfindung wird eine verbesserte bzw. optimierte Verkehrsverteilung erreicht, indem Linkkosten von stark belasteten Links erhöht werden. Im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren ist das erfindungsgemäße Verfahren einfacher und lässt sich ohne Probleme implementieren. Bei der Pfadbestimmung im Rahmen des ECMP (Equal Cost Multipath) Verfahrens ist es sinnvoll, beim Verfahren mit ganzzahligen Link-Kosten bzw. ganzzahligen Erhöhungen der Link-Kosten zu arbeiten, denn auf

diese Weise ist wahrscheinlicher, dass sich Alternativwege mit gleichen akkumulierten Kosten für die Verbindung von zwei Knoten ergeben, so dass wie im ECMP-Verfahren vorgesehen, eine Verkehrsaufteilung auf die verschiedenen äquivalenten Pfade vorgenommen werden kann. Als Startpunkt ist es sinnvoll, alle Link-Kosten mit dem gleichen Wert zu initialisieren, beispielsweise mit 1.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann mittels zentralen oder verteilten Rechenkapazitäten durchgeführt werden. Für Teile davon, z.B. die Pfadberechnung, kann auf herkömmliche Verfahren (die z.B. im Rahmen des OSPF oder IS-IS Protokolls definiert sind) zurückgegriffen werden.

Im Folgenden wird der Erfindungsgegenstand im Rahmen eines Ausführungsbeispiels anhand eines Ablaufdiagramms näher erläutert.

In dem Ausführungsbeispiel wird davon ausgegangen, dass das Kommunikationsnetz ein IP-Netz ist, welches mit Knoten und Links gebildet ist, und dass eine Pfadbestimmung für Routing im Rahmen des ECMP-Konzepts erfolgen soll. Zu Beginn werden die Linkkosten LK mit dem Wert 1 initialisiert. Auf Basis dieser Linkkosten LK werden dann die ECMP-Pfade  $P(LK)$  berechnet. Die Berechnung erfolgt, indem wie beim OSPF-Protokoll vorgesehen die Pfade mit den geringsten akkumulierten Linkkosten LK für das Routing zwischen zwei Knoten bestimmt werden.

Die Bestimmung von least-cost Pfaden zu einem Zielknoten kann beispielsweise auf folgende Weise durchgeführt werden. Es werden zunächst alle Nachbarknoten des Zielknotens bestimmt und diesen Nachbarknoten die Linkkosten als Knotenkosten zugewiesen. Damit ist das Routing für diesen ersten Ring von Knoten um den Zielknoten festgelegt. Im Folgenden wird ringweise vorgegangen, wobei jeweils von einem Ring zu dem nächsthöherem gegangen wird. Ein Ring ist dabei dadurch gege-

ben, dass eine bestimmte Anzahl von Links mindestens durchlaufen werden muss, um den Zielknoten zu erreichen. Die Kosten der einzelnen Pfade werden Ring für Ring sukzessiv berechnet. Dabei setzen sich in jedem Schritt die Pfadkosten  
5 zusammen als die Summe der Linkkosten und der Knotenkosten, wobei Linkkosten die aktuellen Kosten des jeweiligen abgehenden Links sind und Knotenkosten die aktuellen Kosten des jeweiligen Endknotens dieses Links. Die Kosten der so berechneten Pfade werden dann verglichen und nur die Pfade beibehalten,  
10 ten, die minimale Pfadkosten haben (wie es auch im Rahmen des OSPF-Konzeptes vorgesehen ist). Es werden häufig mehrere Pfade mit minimalen Pfadkosten gefunden werden, die für Verkehrsverteilung im Sinne des ECMP-Konzepts beibehalten werden. Andere Verfahren zur Bestimmung von least-cost Pfaden,  
15 wie z.B. der Dijkstra Algorithmus können ebenso gut verwendet werden.

Bei der Neubestimmung der Pfade im Rahmen der Iterationen, die das erfindungsgemäße Verfahren vorsieht, kann wie oben  
20 verfahren werden. Nach Berechnung der Pfade  $P(LK)$  in Abhängigkeit der Linkkosten wird mittels der Verkehrsmatrix  $VM$  das Verkehrsvolumen  $V(L)$  der einzelnen Links bestimmt. Der Link  $L(V_{max},n)$  mit dem höchsten bzw. maximalen Verkehrsaufkommen  $V_{max},n$  wird identifiziert und das maximale Verkehrsaufkommen  
25  $V_{max},n$  in diesem Schritt verglichen mit dem maximalen Verkehrsaufkommen  $V_{max},n-1$  beim vorhergehenden Schritt. Falls das maximale Verkehrsaufkommen  $V_{max},n$  beim aktuellen Schritt geringer ist als das maximale Verkehrsaufkommen  $V_{max},n-1$  beim vorausgehenden Schritt, werden die Link-Kosten  $LK(L(V_{max},n))$   
30 des Links  $L(V_{max},n)$  mit dem maximalen Verkehrsaufkommen  $V_{max},n$  um 1 erhöht und eine Neuberechnung der Pfade  $P(LK)$  in Abhängigkeit der geänderten Link-Kosten  $LK$  erfolgt. Die Schleife wird dann erneut durchlaufen. Anderenfalls, d.h. wenn die maximale Verkehrslast  $V_{max},n$  größer ist als im vorhergehenden Schritt, werden die im vorhergehenden Schritt be-  
35 stimmten Link-Kosten  $LK$  als optimierte Link-Kosten  $LK_{opt}$  und die dazugehörigen Pfade  $P(LK)$  als für eine optimierte Ver-

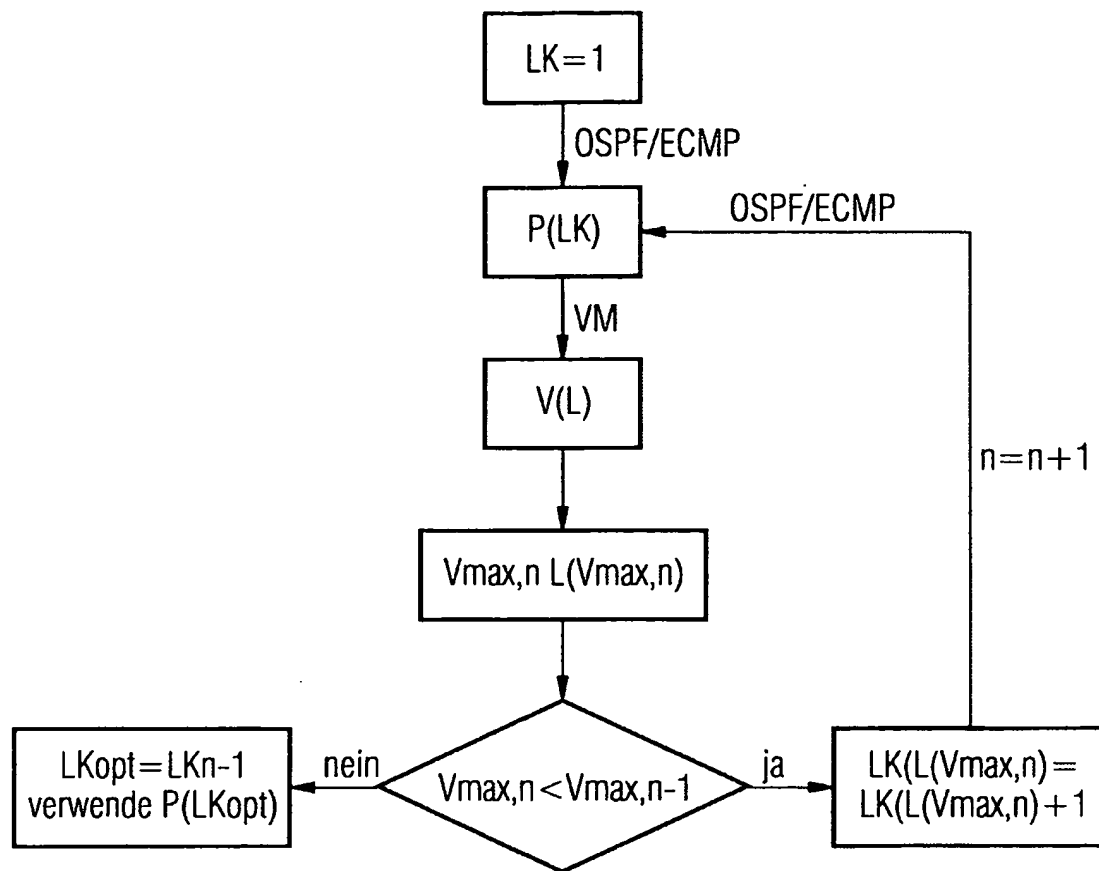
kehrsverteilung bestimmte Pfade  $P(LKopt)$  für das Routing verwendet.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Anpassung von Link-Gewichten (LK) in einem mit Links (L) gebildeten Kommunikationsnetz für eine im Hinblick auf ein für das Kommunikationsnetz erwartetes Verkehrsaufkommen (VM) und in Bezug auf einen die Linknutzung betreffenden Parameter (V(L)) optimierte Verkehrsverteilung innerhalb des Kommunikationsnetzes, demzufolge
- 5 mit Hilfe eines Rechners
- a) den Links (L) des Kommunikationsnetzes Startwerte für die Link-Gewichte (LK) zugewiesen werden,
- b) auf Basis der Link-Gewichte (LK) Pfade (P(LK)) für das Routing von Verkehr innerhalb des Kommunikationsnetzes berechnet werden werden,
- 15 c) die Werte des Parameters (V(L)) für die einzelnen Links (L) mittels der berechneten Pfade (P(L)) und dem erwarteten Verkehrsaufkommen (VM) bestimmt werden,
- d) der Link (L(Vmax,n)), für den der Parameter (V(L)) den höchsten Wert (Vmax,n) hat, ermittelt wird,
- 20 e) das Link-Gewicht (LK(L(Vmax,n))) für den ermittelten Link (L(Vmax,n)) erhöht werden und
- f) die Schritte b), c), d) und e) solange wiederholt werden, bis der im Schritt d) bestimmte Wert (Vmax,n) des Parameters (V(L)) für den Link (L(Vmax,n)) mit dem höchsten Parameterwert (Vmax,n) höher als der beim vorausgehenden Schritt d) bestimmte Parameterwert (Vmax,n-1) für den Link mit dem höchsten Parameterwert ist.
- 25
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
- der Parameter (V(L)) durch die absolute Verkehrslast, die auf die Linkbandbreite bezogene relative Verkehrslast, bei der Linkbenutzung anfallende verkehrsabhängige Kosten, die Link-Verfügbarkeit, die Laufzeit des jeweiligen Links oder die Belastbarkeit der Endknoten des jeweiligen Links gegeben ist.
- 30
- 35



3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Startwerte für die Link-Gewichte (LK) für alle Links (L)  
gleich gewählt werden.
- 5
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Pfade (P(LK)) mittels des OSPF (open shortest path first)  
Protokolls oder des IS-IS (intermediate system - intermediate  
10 system) Protokolls berechnet werden.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die bei Erfüllung des Abbruchkriteriums f) berechneten Pfade  
15 für Routing im Rahmen des ECMP (equal cost multi path) Kon-  
zeptes verwendet werden.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
20 die Link-Gewichte (LK) und deren Erhöhung immer durch ganze  
Zahlen ausgedrückt werden.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
25 die Erhöhung des Link-Gewichts (LK(L(Vmax,n)) für den ermit-  
telten Link (L(Vmax,n)) für beide Übertragungsrichtungen des  
Links durchgeführt wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
30 dadurch gekennzeichnet, dass  
das erwartete Verkehrsaufkommen (VM) mittels einer Verkehrs-  
matrix beschrieben wird.



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2005/050149

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H04L12/56

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04L G06F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EP0-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 611 874 B1 (DENECHAU LIONEL ET AL) 26 August 2003 (2003-08-26) figures 1,5 column 2, lines 28-67 column 3, lines 1-5,24-58 column 7, lines 45-67 column 8, lines 1-4	1-8
A	US 2003/028670 A1 (LEE BYOUNG-JOON ET AL) 6 February 2003 (2003-02-06) figure 5 page 1, paragraphs 3,6-9,14 page 2, paragraphs 22,23 page 3, paragraph 38	1-8
	----- -/-- -----	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 April 2005

Date of mailing of the international search report

14/04/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mircescu, A

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2005/050149

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>US 6 535 923 B1 (GIROIR DIDIER) 18 March 2003 (2003-03-18) figures 4-7 column 2, lines 24-55 column 4, lines 34-51 column 6, lines 15-31 column 7, lines 34-67 column 8, lines 1-15</p>	1-8
A	<p>US 6 584 071 B1 (KODIALAM MURALIDHARAN S ET AL) 24 June 2003 (2003-06-24) figures 4,5 column 3, lines 50-67 column 4, lines 1-19 column 5, lines 1-37 column 7, lines 35-57 column 11, lines 41-51</p>	1-8

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2005/050149

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6611874	B1	26-08-2003	NONE
US 2003028670	A1	06-02-2003	NONE
US 6535923	B1	18-03-2003	NONE
US 6584071	B1	24-06-2003	NONE